

УДК 621.791.72

А. Н. Грезев, В. А. Грезев

Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН, г. Шатура

С. М. Шанчуров

Региональный центр лазерных технологий, г. Екатеринбург

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Проведены исследования по разработке технологии лазерной сварки труб для нефтегазовой отрасли. Лазерные сварные соединения для всех исследуемых сталей показали равнопрочность с основным металлом. Разработана технология комбинированной лазерной сварки несколькими лазерными лучами, что позволяет регулировать объем сварочной ванны. Предлагается вместо дуговой сварки стыков трубопровода в полевых условиях использовать разработанный автоматизированный мобильный комплекс для лазерной сварки. Другим направлением внедрения лазерных технологий в нефтегазовую промышленность является лазерная наплавка.

Ключевые слова: лазерная сварка и наплавка, нефтегазовая отрасль, автоматизированный мобильный комплекс.

A. N. Grezev, V. A. Grezev, S. M. Shancurov

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT OF LASER WELDING AND DEPOSITION IN OIL AND GAS INDUSTRY

Researches on development of laser welding technology of pipes for oil and gas industry are conducted. Laser welds for all studied steels showed uniform strength with the base metal. The technology of the combined laser welding by several laser beams was developed that allows to control the volume of a weld pool. It is offered instead of arc welding of joints of the pipeline in field conditions to use the developed automated mobile complex for laser welding. Other direction of introduction of laser technologies in the gas and oil industry, is the laser deposition.

Keywords: laser welding and deposition, gas and oil industry, automated mobile complex

С появлением мощных технологических лазеров Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН (далее ИПЛИТ РАН) совместно с ВНИИСТ, ВНИИГаз и трубными заводами провели исследования по разработке технологии лазерной сварки труб [1; 2]. В частности, проведено

внедрение технологии лазерной сварки труб из нержавеющей сталей на Новомосковском трубном заводе. Лазерная сварка позволила обеспечить свойства труб по всем показателям на уровне основного металла и увеличить производительность сварки в три раза. Исследования лазерной сварки сталей аустенитного класса показали возможность увеличения производительности в 10–15 раз. Впервые была разработана и установлена на трубный стан система наведения лазерного излучения на свариваемый стык с точностью $\pm 0,05$ мм, имеющая металлооптические объективы с высоким сроком эксплуатации.

Одновременно проводились исследования лазерной сварки сталей, применяемых в производстве газонефтепроводных труб. Лазерные сварные соединения на всех исследуемых сталях показали равнопрочность с основным металлом. Однако твердость сварного шва и зоны термического влияния (ЗТВ) превышала нормативный показатель ($HV \leq 260$). Это связано с тем, что при лазерной сварке имеет место слишком жесткий термический цикл сварки: высокие скорости нагрева и охлаждения металла шва, в результате чего сварной шов приобретает закалочные структуры и, как следствие, металл шва имеет высокую твердость.

Результатом совместных исследований ИПЛИТ РАН с Челябинским трубопрокатным заводом (ЧТПЗ) и Волжским трубным заводом (ВТЗ) явилась разработка технологии комбинированной лазерной сварки (КЛС). Суть технологии заключается в воздействии на жидкую ванну расплава несколькими лазерными лучами, что позволяет регулировать объем жидкой ванны расплава. В результате появляется возможность задавать нужные скорости нагрева и охлаждения металла и получать необходимую структуру металла шва, при этом не снижаются преимущества лазерной сварки: высокая скорость, малая ЗТВ, большая глубина провара («кинжалность») – сварка за один проход больших толщин, отсутствие необходимости разделки кромок.

В ИПЛИТ РАН были проведены исследования технологии КЛС на трубных сталях (14ГБШ, 08ГФБА и др.), часть исследований проведены в лабораториях ЧТПЗ и ВТЗ. Была выполнена сварка труб размером

530x2000x8мм, которые затем прошли испытание на гидравлический разрыв (давление разрыва составило 203кГс/мм²).

Исследования показали:

1. КЛС не ограничивает вводимую мощность в изделие, так как это происходит при обычной лазерной сварке (из-за появления экранирующего плазменного пробоя, который экранирует лазерное излучение), что позволяет использовать оптоволоконные лазеры мощностью в несколько десятков киловатт и значительно увеличить глубину провара (до 50 мм и более за один проход) (рис.1, а);

2. Увеличение ширины сварного шва происходит как в верхней части сварного шва, так и в нижней;

3. Микротвердость сварного шва равномерна по всей глубине и на низколегированных трубных сталях не превышает 260HV₁₀ (табл. 1);

Таблица 1

Исследование микротвердости сварного шва по Виккерсу (HV₁₀)

Номер шлифа	Сварной шов	ЗТВ	Основной металл
08ГФБА			
14	249, 245, 240	222, 219	202, 198
15	249, 247, 243	221, 221	198, 201
16	249, 247, 243	216, 215	201, 203
среднее	246	219	201
09Г2СУ			
1	226 221 217	203 204	197 200
2	204 228 212	202 205	198 195
среднее	218	204	197

4. Ударная вязкость сварных соединений, выполненных КЛС, на порядок выше, чем при дуговой сварке под флюсом, также обеспечивается равнопрочность шва основному металлу;

5. КЛС с присадочной проволокой значительно снижает требования к сборке (при толщине изделия 50 мм зазор может составлять до 3 мм);

6. КЛС возможна в любых пространственных положениях, форма шва при этом значительно не меняется;

7. Технология КЛС отработана как на лазерах с длиной волны 10,6 мкм, так и на оптоволоконных лазерах с длиной волны 1,06 мкм (рис. 1, б).

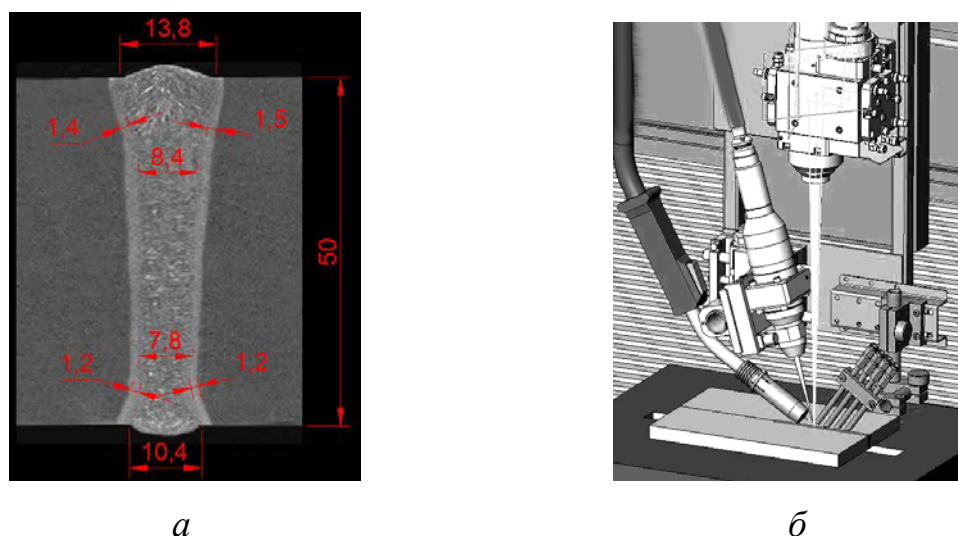


Рис. 1. Структура шва (а), выполненного КЛС и схема процесса КЛС (б)

В настоящее время при строительстве газопроводов сварку стыка производят, в основном, ручной дуговой сваркой. Длительность сварки, выполняемой двумя, а иногда тремя сварщиками, составляет около суток.

Предлагается вместо дуговой сварки использовать разработанный автоматизированный мобильный комплекс (рис. 2, а) и модуль (рис. 3, б) для лазерной сварки стыков трубопровода в полевых условиях. Центровку труб при сборке осуществляют при помощи специального устройства.

Основные технические характеристики автоматизированного мобильного комплекса:

Тип лазера	иттербиевый волоконный;
Мощность излучения, кВт	45–50;
Диаметр свариваемых труб, мм	1420;
Толщина стенки трубы, мм	15–30;
Скорость сварки, м/мин	3–6;
Тип автотранспорта	на гусеничном ходу;
Грузоподъемность, кГ	10000;
Дизель-генератор: мощность, кВт	500.

Модуль можно устанавливать на специализированный мобильный комплекс или на палубу корабля и т. д.

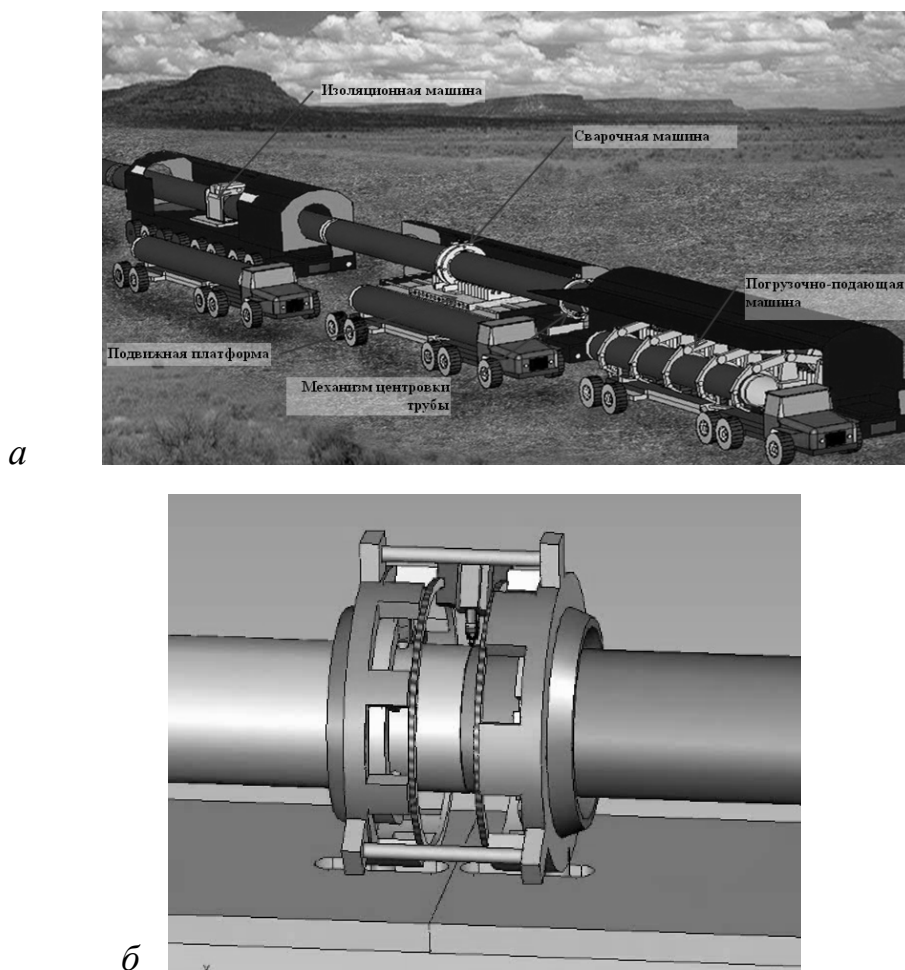


Рис. 2. Автоматизированный мобильный комплекс (*а*) и модуль (*б*) для лазерной сварки стыков трубопроводов в полевых условиях

Основными преимуществами технологии лазерной сварки стыков трубопроводов являются: равнопрочность сварного соединения с основным металлом; малая (до 1 мм) ЗТВ сварного соединения; отсутствие остаточных напряжений; продолжительность сварки стыка трубопровода составит не более 4 минут, при этом темпы строительства газопровода одним комплексом составят до 1 км за 22 дня.

Другим направлением внедрения лазерных технологий в газонефтяную промышленность, является лазерная наплавка. ИПЛИТ РАН (ООО НПО «Лазерный технологический центр») поставил роботизированный лазерный комплекс на базе оптоволоконного лазера ЛС-3 для восстановления роторов

газоперекачивающего оборудования (рис.3, а). Лазерная наплавка позволяет выполнить полное восстановление вала, устранить сколы и кратеры.

Суть метода заключается в том, что на расплавляемую лазером поверхность подается присадочный порошок, при этом происходит его плавление и перемешивание с основным металлом. Наплавленному слою, благодаря высокой скорости нагрева и охлаждения, а также присутствию легирующих элементов в присадочном материале, задаются необходимые прочностные характеристики. При этом изделие не изменяет своих геометрических параметров. Погрешность составляет 0,2 мм.

Данный метод наплавки можно использовать не только для восстановления валов, но и для более сложных объемных изделий, например, лопаток турбин (рис. 3, б). Ряд западных компаний предлагают подобное оборудование. Следует отметить, что данный метод позволяет производить восстановление поврежденных газотурбинных лопаток непосредственно на валу, что экономически рентабельно.

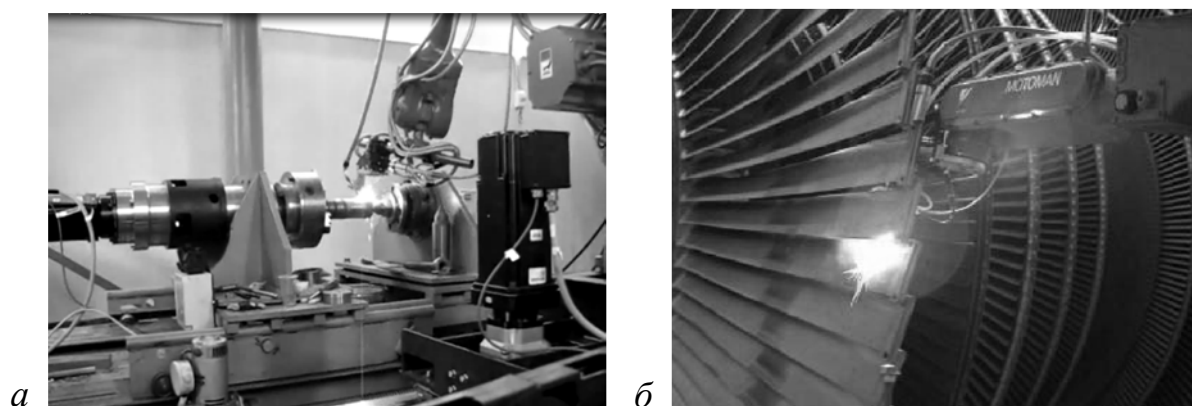


Рис. 3. Процесс восстановления лазерной наплавкой ротора газоперекачивающего оборудования (а) и газотурбинных лопаток (б)

Список литературы

1. Грезев А. Н. Разработка физико-технологических основ лазерной сварки конструкционных сталей мощными CO₂ – лазерами : дисс. докт. техн. наук. – М.: ИПЛИТ РАН, 2006. – 383 с.
2. Грезев А. Н., Романцов Н. А., Горицкий В. Н. Натурные испытания нефтегазопроводных труб диаметром 530 мм, сваренных лучом лазера //Черная металлургия. – 2004. – № 9. – С. 40–44.